

УДК 577.3; 547.963.3

ВЛИЯНИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НЕТЕПЛОВОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ПЛОТНОСТЬ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

В.П. КАЛАНТАРЯН¹, С.Н. АКОПЯН², Ю.С. БАБАЯН^{3*}

¹Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

²Государственный инженерный университет, Ереван, Армения

³Национальный университет архитектуры и строительства, Ереван, Армения

*e-mail: babayanyura@gmail.com

(Поступила в редакцию 21 октября 2016 г.)

Исследовано поведение коэффициента поверхностного натяжения и плотности дистиллированной воды, физиологического раствора и водно-солевого раствора ДНК при облучении растворов миллиметровыми электромагнитными волнами нетепловой интенсивности с частотами 64.5, 50.3 и 48.3 ГГц. Исследования образцов показали, что вследствие облучения коэффициент поверхностного натяжения в пределах погрешности измерений не изменяется. Плотности физиологического раствора и водно-солевого раствора ДНК увеличиваются при облучении частотами 50.3 и 64.5 ГГц, которые совпадают с резонансными частотами колебаний молекулярных водных структур.

1. Введение

Многочисленные физические факторы внешней среды, играющие важную роль в процессах жизнедеятельности, имеют электромагнитную природу. Электромагнитные поля искусственного происхождения разных частотных диапазонов оказывают выраженное воздействие на живые организмы и находят широкое практическое применение. Особенно актуальны вопросы, связанные с возможным неблагоприятным действием электромагнитных волн (ЭМВ) на живые организмы, а также медико-биологические аспекты применения ЭМВ в качестве терапевтических средств.

Одним из актуальных направлений современной электромагнитобиологии является исследование физико-химических механизмов действия ЭМВ на биологические системы различного уровня организации. Несмотря на большое количество выполненных исследований биомедицинских эффектов ЭМВ, до сих пор не существует окончательного представления о физико-химических механизмах воздействия ЭМВ на биосистемы. В настоящее время миллиметровые

электромагнитные волны (МЭМВ) нетепловой интенсивности широко применяются в различных областях народного хозяйства, в клинической медицине и в биологии, несмотря на то, что механизмы их действия на живые организмы пока еще не совсем понятны. В настоящее время все большее подтверждение получает концепция, утверждающая, что нетепловые эффекты МЭМВ на биосистемы обусловлены их влиянием на воду [1–3].

В этой связи исследования воздействия МЭМВ на структуру и физико-химические свойства воды и водных растворов биополимеров являются актуальными. Показано, что относительно слабые физические воздействия, в том числе и нетепловые МЭМВ, влияют на свойства водных растворов вследствие изменения структурированности воды в окружении растворенных веществ [3, 4]. Более того, обнаружено, что при облучении растворов МЭМВ происходят функциональные изменения биологических объектов [5].

Целью настоящей работы было исследование физико-химических свойств бидистиллированной воды, водно-солевых растворов и растворов дезоксирибонуклеиновых кислот (ДНК), облученных низкоэнергетическими когерентными МЭМВ с частотами 50.3 и 64.5 ГГц, совпадающими с резонансными частотами колебаний молекулярных водных структур [6], и с частотой 48.3 ГГц, не являющейся резонансной для колебаний молекулярных структур воды.

2. Материалы и методы исследований

В работе использовали ДНК тимуса теленка фирмы Sigma. Растворы ДНК были приготовлены в физиологическом растворе (0.15 M NaCl). Плотность чистой воды, физиологического раствора и ДНК определяли на денситометре ДМА 4500 Anton Paar с чувствительностью 10^{-5} г/см³. Коэффициент поверхностного натяжения определяли при помощи прибора Tensiometer SITA. Облучение растворов проводилось в специальном стеклянном сосуде. Растворы сверху покрывались прозрачной для излучения тонкой хлорвиниловой пленкой. Для облучения применялись генераторы Г4-141 и Г4-142, работающие на основе лампы обратной волны. На выходе генератора находится конусообразная излучающая антенна. Стабильность частоты сигнала генератора составляла $\pm 0.05\%$. Облучение образцов проводилось при комнатной температуре в режиме амплитудной модуляции с частотой 1 Гц. Диапазон частот излучения для Г4-141 37.5–53.37 ГГц (плотность потока мощности в месте нахождения образца составляла 60 мкВт/см²), а для Г4-142 – 53.3–78.33 ГГц (плотность потока мощности 50 мкВт/см²). Измерения проводились в интервале температур $20^{\circ}\text{C} \leq t \leq 80^{\circ}\text{C}$. Точность определения температуры $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$.

3. Результаты и их обсуждение

Известно, что поверхностный слой воды и водных растворов сильно поглощает МЭМВ. Поэтому определялось изменение коэффициента поверхностного натяжения (σ) бидистиллированной воды, водно-солевого раствора и растворов ДНК в зависимости от температуры, когда образцы облучались 90 мин МЭМВ нетепловой интенсивности резонансными (64.5 и 50.3 ГГц) и нерезонансной (48.3 ГГц) частотами колебаний водных молекулярных структур. Принято считать электромагнитное излучение нетепловым, если плотность потока мощности не превышает 10 мВт/см². Эксперименты показали, что в пределах погрешности измерений σ исследуемых образцов не меняется вследствие облучения и линейно уменьшается с увеличением температуры (табл.1). Следовательно, нетепловые, слабые МЭМВ не поглощаются поверхностным слоем растворов, а проникают в более глубокие слои жидкости. Вполне возможно, что вследствие этого должны изменяться объемные характеристики растворов, в частности, плотность.

Для выяснения влияния низкоэнергетических когерентных МЭМВ с не-

Табл.1. Зависимость коэффициента поверхностного натяжения водно-солевого раствора, необлученного и облученного резонансными и нерезонансными МЭМВ, от температуры

Температура, °C	$\sigma \times 10^3$, н/м			
	Частота облучения			Необлученный раствор
	64.5 ГГц	50.3 ГГц	48.3 ГГц	
20	75.0 $\pm$ 0.2	74.8 $\pm$ 0.2	4.7 $\pm$ 0.1	74.6 $\pm$ 0.2
25	73.7 $\pm$ 0.1	73.5 $\pm$ 0.2	73.6 $\pm$ 0.2	73.5 $\pm$ 0.2
30	72.6 $\pm$ 0.1	72.4 $\pm$ 0.2.	72.5 $\pm$ 0.1	72.4 $\pm$ 0.1
35	71.7 $\pm$ 0.2	71.5 $\pm$ 0.2	71.8 $\pm$ 0.2	71.5 $\pm$ 0.2
40	70.8 $\pm$ 0.1	70.6 $\pm$ 0.2	71.0 $\pm$ 0.2	70.8 $\pm$ 0.1
45	69.8 $\pm$ 0.2	69.5 $\pm$ 0.2	70.1 $\pm$ 0.2	69.6 $\pm$ 0.2
50	68.9 $\pm$ 0.2	69.0 $\pm$ 0.1	69.2 $\pm$ 0.2	68.8 $\pm$ 0.2
55	68.0 $\pm$ 0.2	67.8 $\pm$ 0.2	68.4 $\pm$ 0.2	68.3 $\pm$ 0.2
60	67.3 $\pm$ 0.1	67.1 $\pm$ 0.2	67.3 $\pm$ 0.1	67.4 $\pm$ 0.1

Примечание. Значения приведенных данных представляют собой средние арифметические из 5 независимых измерений.

резонансной и резонансной частотами колебаний водных молекулярных структур на физико-химические свойства водных растворов биополимеров образцы облучались 30, 40, 60, 90 и 120 мин, после чего для облученных и необлученных растворов определялись плотности.

Табл.2. Плотность бидистиллированной воды, водно-солевого раствора и раствора ДНК при облучении нерезонансными и резонансными МЭМВ при 20°C

Длительность облучения, мин	Бидистиллированная вода	Водно-солевой раствор	Раствор ДНК
0	0.99820 ± 0.00002	0.99921 ± 0.00002	0.99923 ± 0.00002
30	0.99818 ± 0.00002	0.99923 ± 0.00002	0.99925 ± 0.00002
40	0.99821 ± 0.00003	0.99926 ± 0.00002	0.99926 ± 0.00002
60	0.99822 ± 0.00002	0.99928 ± 0.00002	0.99930 ± 0.00003
90	0.99821 ± 0.00002	0.99927 ± 0.00003	0.99930 ± 0.00002
120	0.99822 ± 0.00002	0.99928 ± 0.00003	0.99931 ± 0.00002
Частота облучения 50.3 ГГц			
30	0.99819 ± 0.00002	0.99922 ± 0.00002	0.99926 ± 0.00002
40	0.99820 ± 0.00002	0.99924 ± 0.00003	0.99929 ± 0.00003
60	0.99821 ± 0.00003	0.99931 ± 0.00002	0.99936 ± 0.00002
90	0.99820 ± 0.00003	0.99932 ± 0.00003	0.99938 ± 0.00002
120	0.99821 ± 0.00002	0.99933 ± 0.00002	0.99939 ± 0.00003
Частота облучения 48.3 ГГц			
30	0.99820 ± 0.00002	0.99921 ± 0.00002	0.99924 ± 0.00002
40	0.99822 ± 0.00002	0.99924 ± 0.00002	0.99924 ± 0.00003
60	0.99821 ± 0.00003	0.99925 ± 0.00003	0.99925 ± 0.00003
90	0.99822 ± 0.00003	0.99924 ± 0.00002	0.99926 ± 0.00002
120	0.99821 ± 0.00002	0.99925 ± 0.00003	0.99925 ± 0.00002

Примечание. Значения приведенных данных представляют собой средние арифметические из 6–8 независимых измерений.

Исследования выявили, что при облучении чистой воды МЭМВ с частотами 50.3, 64.5 и 48.3 ГГц плотность чистой воды практически не меняется, в то время как плотность физиологического раствора и водно-солевого раствора ДНК

увеличивается при облучении частотами 50.3 ГГц и 64.5 ГГц, совпадающими с резонансными частотами колебаний молекулярных водных структур [6], и не меняется при облучении частотой 48.3 ГГц (табл.2). Как следует из таблицы, где приведены плотности необлученных и облученных образцов при 20°C, облучение физиологического раствора и раствора ДНК резонансными частотами приводит к увеличению плотности растворов. Причем, увеличения более заметны при облучении частотой 50.3 ГГц, совпадающей с резонансной частотой колебаний гексагональных структур воды [6]: увеличение плотности физиологического раствора и ДНК составляет приблизительно 10^{-4} г/см³.

Увеличение плотности ДНК и водно-солевого раствора вследствие облучения растворов нетепловыми МЭМВ с частотами 64.5 и 50.3 ГГц, совпадающими с резонансными частотами колебаний молекулярных структур воды, по всей вероятности, обусловлено изменением структуры воды в результате облучения, так как резонансные частоты поглощения ДНК находятся в области от 2 до 9 ГГц [1,2]. Для физиологического раствора и растворов ДНК наблюдается практически одинаковая динамика изменения плотности (табл.2).

Обобщая вышеизложенные экспериментальные данные, можно предположить, что структурное состояние чистой воды не меняется вследствие облучения, поскольку при данных условиях молекулы воды образуют наиболее стабильную с термодинамической точки зрения структуру. Изменение упорядоченности после облучения становится термодинамически невыгодным, следовательно, и плотность воды вследствие облучения не должна меняться. Напротив, при облучении водно-солевого раствора и ДНК, по-видимому, происходит дегидратация присутствующих в растворе ионов Na^+ и ДНК. Часть освободившихся молекул воды заполняет пустоты гексагональных структур [7,8], вследствие чего плотности растворов увеличиваются. В наших экспериментах молекулы ДНК никак себя не проявляют как своеобразная двухспиральная структура, а ведут себя как полианион.

4. Заключение

Таким образом, полученные данные дают основание предполагать, что нетепловые МЭМВ, совпадающие по частоте с резонансными колебаниями водных структур, дают определенный эффект в условиях *in vitro* и влияют на живые организмы через водную компоненту среды. Они не поглощаются поверхностным слоем водных растворов, проникают в более глубокие слои жидкости и приводят к дегидратации присутствующих в растворе ионов, вследствие чего увеличивается плотность растворов.

ЛИТЕРАТУРА

1. V.P. Kalantaryan, Y.S. Badalyan, E.S. Gevorgyan, S.N. Hakobyan, A.P. Antonyan, P.O. Vardevanyan. Prog. Electromag. Res. Let., **13**, 1 (2010).
2. V. Kalantaryan, R. Martirosyan, Yu. Babayan, L. Nersesyan. Amer. J. Med. Biol. Res., **2**, 18 (2014).
3. А.Т. Карапетян. Миллиметровые волны и структурированность воды. Ереван, ЕГУАС, 2012.
4. Ю.С. Бабалян, А.Ш. Маргарян, В.П. Калантарян, П.О. Вардеванян. Биофизика, **52**, 382 (2007).
5. M.K. Logani, I. Szabo, V. Makar, A. Bhanushali, M.C. Ziskin. Bioelectromagnetics, **27**, 247 (2006).
6. V.I. Petrosyan, N.I. Sinitsin, V.A. Elkin, N.D. Devyatkov. Biomed. Radioelec., **5**, 62 (2001).
7. В.И. Петросян, А.В. Майбородин, С.А. Дубовицкий. Миллиметровые волны в биол. мед., **1**, 18 (2005).
8. С.Ю. Бабалян. Известия НАН Армении, Физика, **40**, 5 (2005).

ՈՉ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԻՆՏԵՆՍԻՎՈՒԹՅԱՆ ՄԻԼԻՄԵՏՐԱՅԻՆ ՏԻՐՈՒՅԹԻ
ԷԼԵԿՏՐՈՄԱԳՆԵՏԻՍՏԱԿԱՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԶՐԱՅԻՆ
ԼՈՒԾՈՒՅԹՆԵՐԻ ԽՏՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ

Վ.Պ. ՔԱԼԱՆԹԱՐՅԱՆ, Ս.Ն. ՀԱԿՈԲՅԱՆ, ՅՈՒ.Ս. ԲԱԲԱՅԱՆ

Ուսումնասիրված է թորած ջրի, ֆիզիոլոգիական լուծույթի և ԴՆԹ-ի աղային լուծույթի մակերևութային լարվածության գործակցի և խտության վաքքը, երբ լուծույթները ճառագայթվել են ոչ ջերմային, միլիմետրային տիրույթի 64.5, 50.3 և 48.3 ԳՀց հաճախություններով: Փորձերը ցույց են տվել, որ ճառագայթման հետևանքով լուծույթների մակերևութային լարվածության գործակիցները փորձի սխալի սահմաններում չեն փոփոխվում, մինչդեռ ֆիզիոլոգիական լուծույթի և ԴՆԹ-ի աղային լուծույթի խտությունը՝ կախված ճառագայթման դոզայից, աճում է, երբ լուծույթները ճառագայթվում են ջրի մոլեկուլային կառույցների սեփական տատանումների 64.5 և 50.3 ԳՀց ռեզոնանսային հաճախություններով:

INFLUENCE OF MILLIMETER WAVE ELECTROMAGNETIC RADIATION OF NONTHERMAL INTENSITY ON DENSITY WATER SOLUTIONS

V.P. KALANTARYAN, S.N. HAKOBYAN, YU.S. BABAYAN

The surface tension and density of distilled water, physiological solution and salt solutions of DNA, irradiated by nonthermal coherent millimeter electromagnetic waves with frequencies 64.5, 50.3, and 48.3 GHz have been investigated. The measurements of the test samples showed that within the experimental error the surface tension does not change due to irradiation. Densities of physiological solution and salt solutions of DNA increase under irradiation by frequencies 64.5 and 50.3 GHz, which coincide with resonant frequencies of oscillations of water molecular structures.